

УДК 656.13:658

А.І. Сухомлінов

Харківський національний університет радіоелектроніки, Харків

## ЗАДАЧІ МОДЕЛЮВАННЯ ЛОГІСТИКИ ТА ПРОЕКТУВАННЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ СИСТЕМ ВИРОБНИЧОЇ ЛОГІСТИКИ

В статті формулюються вимоги до архітектури та функціональних характеристик інформаційних систем (підсистем) виробничої логістики на основі мультимножинної моделі матеріального потоку. Запропоновано алгоритми реалізації операцій мультимножинної моделі матеріального потоку. Запропонована модель даних достатня для реалізації інформаційної системи на основі мультимножинної моделі матеріального потоку. Запропоновані рішення не обмежуються конкретною галуззю виробництва і є загальними для виробничої логістики. У статті використано універсальну мову моделювання UML та методи програмної інженерії.

**Ключові слова:** виробнича логістика; логістична інформаційна система; матеріальний потік; супроводжувальний інформаційний потік; мультимножинна модель матеріального потоку; архітектура інформаційної системи; функціональні вимоги; універсальна мова моделювання UML; діаграма варіантів використання; програмна інженерія; схема бази даних.

### Вступ

Починаючи з 60-х років двадцятого століття інформаційні технології почали проникати у виробництво на різних етапах та рівнях. Спочатку це були науково ємні галузі, потім технологічно складні, а згодом, практично усі галузі виробництва. Інформатизації підлягали, на початку, складні розрахунки на кшталт оптимізація розкрою, а згодом всі види управління та обробки інформації на підприємстві. Так поступово у виробництво впроваджувалися системи управління.

Першою успішною концепцією, що була втілена в інформаційні системи управління виробництвом [1-3] була "Material Requirements Planning" (MRP) — "планування матеріальних потреб", що спиралася на поняття "Bill Of Materials" (BOM) — "специфікація матеріалів" та "Master Production Schedule" (MPS) — "план виробництва" [1-3]. Потім концепція MRP була доповнена ідеєю врахування потреб у потужностях виробництва, бо на початку MRP-системи не враховували ці потужності. Такі розширені MRP-системи стали називати системами планування потреб у матеріалах замкнутого циклу.

Наступною значною концепцією стала "Manufacturing Resource Planning" — "планування виробничих ресурсів". З'явилася вона у 80-х роках минулого століття і отримала абревіатуру MRP II. Основна відміна MRP II від MRP, полягає у розширенні кола задач, що реалізовувалися. Системи MRP II призначалися для управління усіма ресурсами підприємства.

Поступовий розвиток MRP II-систем відбувався шляхом включення нових функціональних можливостей і призвів до формування нового класу ін-

формаційних систем [4], що отримав назву "Enterprise resource planning" (ERP) — "планування ресурсів підприємства". [5] визначає ERP як "здатність забезпечити інтегрований набір бізнес-процесів. Інструментарій ERP охоплює всю ширину і глибину оперативних процесів від початку до кінця, в таких сферах, як фінанси, управління кадрами, постачання, виробництво, обслуговування і ланцюжки поставок, забезпечуючи при цьому загальний процес і єдину модель даних".

Останнім часом ERP системи отримали новий розвиток. Завдяки розвитку глобальної мережі Інтернет стала нагальною задачею виходу систем управління підприємством за рамки самого підприємства, обмеженого одним виробничим циклом. Завдяки залученню до традиційних ERP-систем інтернет-технологій для бізнесу з'явилися інформаційні системи нового покоління "Enterprise Resource and Relationship Processing" (ERP II) — "управління ресурсами і зовнішніми відносинами підприємства" [2, 4]. Ці системи мають два контури управління:

— back-office – традиційний для ERP-систем внутрішній контур, що управляє внутрішніми бізнес-процесами підприємства;

— front-office – зовнішній контур, що управляє взаємодією підприємства з контрагентами і покупцями продукції.

Розглянемо ще один клас інформаційних систем управління підприємством – Workflow. Інформаційні системи цього класу ґрунтуються на застосуванні процесного підходу до управління організацією, який полягає в тому, що документи, інформація та завдання передаються від одного учасника до іншого відповідно до заздалегідь визначених процедур та правил. У [6] було виконано порівняльний

аналіз інформаційних систем типу Workflow та типу ERP. У підсумку цього дослідження були сформовані уявлення про три типи бізнес-процесів, які були використані для демонстрації основних відмінностей Workflow та ERP систем [6].

Незалежно від приналежності до будь-якого з класів інформаційна система управління підприємством повинна включати підсистему логістики, функціональне призначення якої – керувати матеріальним потоком. У [7] запропонована мультимножинна модель матеріального потоку (МММП), орієнтована на застосування у системах (підсистемах) виробничої логістики.

Метою статті є визначення переліку функціональних вимог до системи (підсистеми) управління матеріальним потоком на базі МММП у виробничій логістиці та вибір відповідної структури супроводжувального інформаційного потоку.

### 1. Постановка задачі

Проектування, розробка, впровадження та супроводження сучасних інформаційних систем на теперішній час є розвинутою галуззю IT-індустрії. Це, незважаючи на світові кризи останніх років, постійно зростаючий ринок з високою конкуренцією та широким спектром пропозицій – від простих програм, розроблених одинаками-початківцями, до поставлених на конвеєр коробкових рішень від софтверних гігантів. Але загальна тенденція вже давно окреслилась – це перехід від мистецтва програмування до програмної інженерії. Ця тенденція змушує створювати інформаційні системи навіть для малих підприємств із застосуванням сучасних підходів до проектування програмного забезпечення (ПЗ).

Будемо розглядати виробничу логістику як управління матеріальним потоком на підприємстві. Автоматизація цього управління проводиться для підвищення ефективності управління, тобто, досягнення стабільного максималізованого доходу від діяльності підприємства. Ефективність управління досягається шляхом урахування максимальної кількості параметрів, що впливають на ефективність, застосуванням алгоритмів оптимізації переміщень елементів матеріального потоку, постійним моніторингом та корекцією матеріального потоку. Задачі автоматизації управління матеріальним потоком покладаються на логістичну інформаційну систему (підсистему), яка може виступати як самостійне програмне забезпечення, так і бути частиною інтегрованої системи управління підприємством. Для управління матеріальним потоком необхідно створити і підтримувати інформаційний супроводжувальний потік. В [7] автором була запропонована модель матеріального потоку розроблена із застосуванням теорії мультимножин [8], яка представляла матеріальний потік як мультимножину:

$$M = \{k_{M1} \cdot x_1, k_{M2} \cdot x_2, \dots\},$$

на основі базової скінченної множини  $U = \{x_1, x_2, \dots\}$ , а  $k_{Mi} \cdot x_i$  – компоненти мультимножини  $M$ , де  $k_M(x_i) = k_{Mi}$  визначає кількість входжень елемента  $x_i$  у  $M$  і називається вагою елемента або функцією кратності. В [7] були визначені операції над матеріальним потоком в рамках запропонованої моделі.

Задачею цього дослідження є:

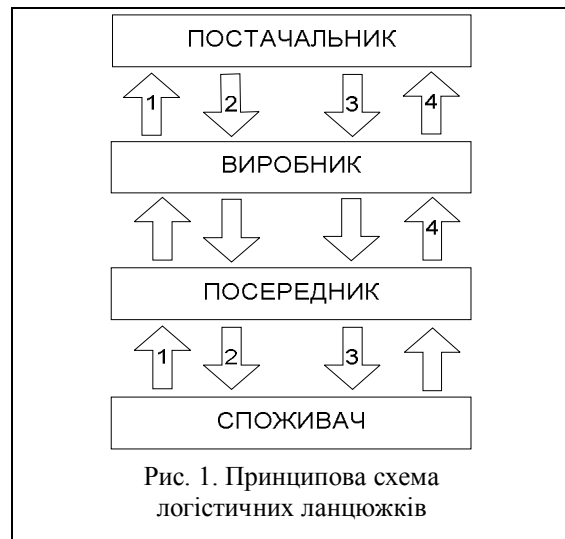
- визначення обов'язкових елементів ПЗ, що реалізує МММП;
- доведення, що операції МММП мають алгоритмічну реалізацію;
- розробку моделі даних достатньої для реалізації МММП.

### 2. Тривіальна модель мікрологістики

Традиційно ”розрізняють два рівні логістики: макрологістика, завданням якої є розгляд глобальних проблем управління матеріальними та інформаційними процесами, та мікрологістика, яка вивчає локальні проблеми управління матеріальними та інформаційними потоками на внутрішньозаводському рівні” [9]. В свою чергу мікрологістику поділяють на три види по відношенню до виробництва [9]:

- заготівельну;
- виробничу (внутрішньо-виробничу);
- розподільчу (постачальну).

[9] пропонує таку принципову схему логістичних ланцюжків:



На принциповій схемі логістичних ланцюжків (рис. 1) стрілки позначають потоки між об'єктами мікрологістики [9]: 1 – підтвердження прибуття вантажів, взаємні розрахунки; 2 – супроводжувальний інформаційний потік, що включає перевізні документи; 3 – матеріальний потік; 4 – зворотний інформаційний потік.

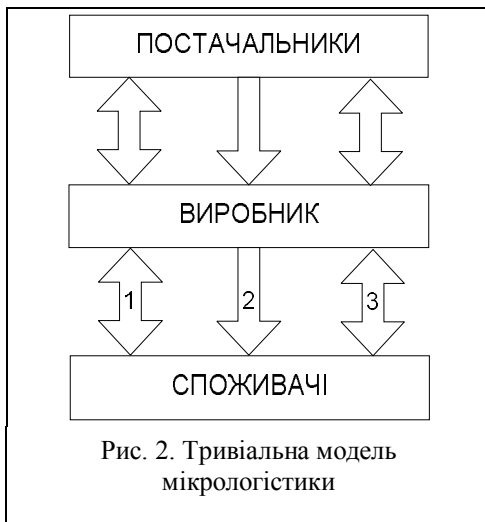
Кілька зауважень щодо наведеної принципової схеми логістичних ланцюжків [9].

*Зауваження 1.* Потік 1 включає фразу "взаємні розрахунки", що означає потік в обох напрямках, а не в одному, як це запропоновано в [9].

*Зауваження 2.* Потік 1 включає фразу "підтвердження прибуття вантажів", а потік 4 називається "зворотний інформативний потік". Але "підтвердження прибуття вантажів" це інформація що передається відправнику матеріального потоку і її доцільно включати до 4-го потоку.

*Зауваження 3.* Включення до схеми об'єкта "посередник" є зайвим. По-перше, посередника може і не бути, коли кінцевий споживач отримує матеріальний потік безпосередньо від виробника. По-друге, може існувати ціла низка посередників на шляху матеріального потоку від виробника до кінцевого споживача. І по-третє, для виробника не має значення хто є отримувачем його матеріального потоку – кінцевий споживач чи один із посередників.

Якщо врахувати наведені зауваження до принципової схеми логістичних ланцюжків і розглядати зворотній інформативний потік (потік 4 у принциповій схемі на рис. 1) як частину загального супроводжувального потоку в межах якого учасники логістичного процесу обмінюються інформацією то можна запропонувати модель мікрологістики (рис. 2), яку будемо називати тривіальною.



Тривіальна модель мікрологістики (ТММ), що наведена на рис. 2, містить учасників трьох видів ("постачальники", "виробник", "споживачі"), що зображені прямокутниками та потоки, що зображені стрілками між учасниками логістичного процесу. Потоки мають таке значення:

- 1 – фінансові потоки взаєморозрахунків між учасниками;
- 2 – матеріальний потік;
- 3 – супроводжувальний інформаційний потік.

В моделі показано, що у одного виробника може бути кілька постачальників та споживачів. Модель (рис. 2) названа тривіальною у тому сенсі, що вона є мінімальною за кількістю параметрів необхідних для врахування при проектуванні ПЗ для автоматизації управління логістикою на рівні підприємства (мікрологістика).

В [7] в МММП, для моделювання виробничої логістики, були введені такі множини:

- $O$  - вся сукупність об'єктів, що належать до виробничого процесу;
- $D = \{d_i\}$  - сукупність об'єктів, що є джерелами матеріальних потоків;
- $B = \{b_j\}$  - сукупність об'єктів, що є споживачами матеріальних потоків.

При цьому зазначалося, що  $D \subseteq O$  і  $B \subseteq O$ .

Якщо в МММП ввести множини  $D^z = \{d_i^z\}$  - сукупність зовнішніх об'єктів по відношенню до виробника (постачальників), що є джерелами матеріальних потоків, і  $B^z = \{b_j^z\}$  - сукупність зовнішніх об'єктів по відношенню до виробника (споживачів), що є споживачами матеріальних потоків виробника, то таким чином розширимо запропоновану МММП з рівня виробничої логістики до рівня мікрологістики. Це розширення дозволяє використати єдину модель матеріального потоку як між учасниками логістичного процесу в мікрологістиці ("постачальники-виробник", "виробник-споживачі") так і у виробничій логістиці.

Супроводжувальний інформаційний потік (потік типу 2 і ТММ) повинен, як мінімум, включати в себе:

- перевізні документи;
- підтверджувальну інформацію про прибуття вантажу.

Аналіз та подальше моделювання фінансових потоків (потоки типу 3 в ТММ) виходить за межі цього дослідження і розглядатись в цій статті не буде.

Таким чином, ТММ дозволяє сформулювати мінімальні вимоги до супроводжувального інформаційного потоку, і використовувати розширену МММП як єдину модель матеріального потоку у логістичних підсистемах автоматизованих систем управління підприємством будь-яких з розглянутих у вступі класів.

### 3. Проектування ПЗ управління матеріальним потоком

Один з найвідоміших авторів у галузі теорії та проблем розробки програмного забезпечення, лауреат премії ACM SIGSOFT у номінації "впливовий педагог" за 2011 рік – Іан Соммервілль, у 9-му виданні своєї книги так визначає створення ПЗ –

”створення ПЗ – це сукупність процесів, що призводить до створення програмного продукту. Ці процеси базуються, головним чином, на технологіях інженерії ПЗ” [10]. Іан Соммервілл також визначає чотири фундаментальні процеси, що притаманні будь-якому процесу створення ПЗ [10]:

- розробка специфікації вимог на ПЗ;
- створення ПЗ;
- атестація ПЗ;
- удосконалення (модернізація) ПЗ.

В сучасних умовах розробка ПЗ ”з нуля” це дуже рідкісне явище. Як правило вже існує якоесь ПЗ і у власника проблеми є потреба або просто бажання його удосконалити, розширити або просто оновити. Найчастіше виникає ситуація, коли нове ПЗ повинно бути інтегроване в існуюче програмно-апаратне рішення для виконання нових функціональних вимог, або модернізації існуючих рішень.

Перед початком проектування необхідно визначитись з користувачами та даними, що підлягають зберіганню та опрацюванню. Skorистаємось мовою UML [11] для моделювання процесу проектування системи (підсистеми) управління матеріальним потоком або, іншими словами, логістичної інформаційної системи (ЛІС).

На рис. 3 зображена діаграма прецедентів для ЛІС, що проектується.

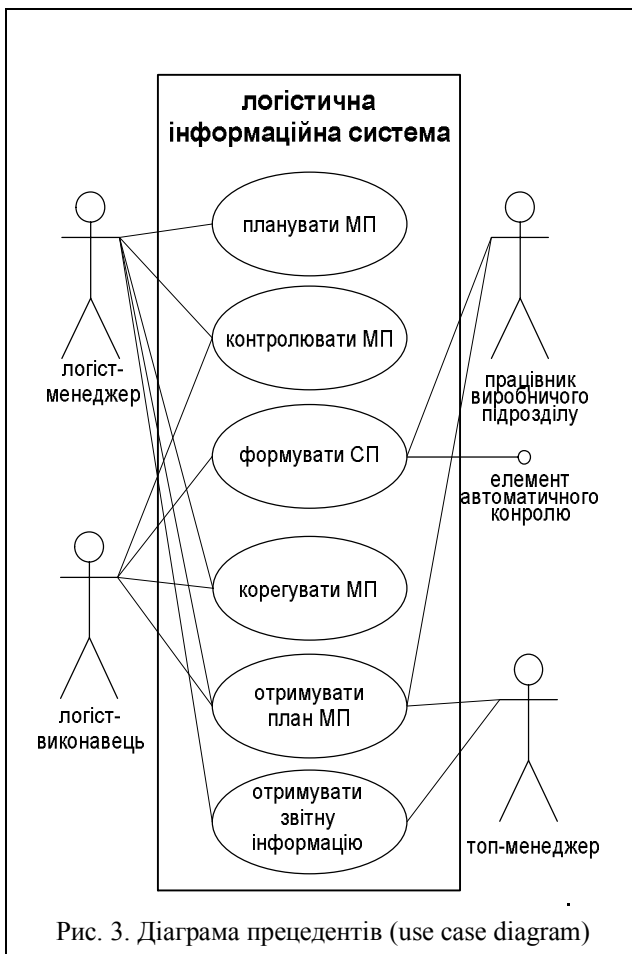


Рис. 3. Діаграма прецедентів (use case diagram)

Діаграма прецедентів (або варіантів використання), що зображена на рис. 3, містить такі скорочення:

МП – матеріальний потік;

СП – супроводжувальний потік.

Користуючись термінологією мови UML можна констатувати, що діаграма прецедентів містить п'ять сутностей - чотири актори ("логіст-менеджер", "логіст-виконавець", "працівник виробничого підрозділу" та "топ-менеджер") і один інтерфейс ("елемент автоматичного контролю"). Також діаграма містить шість прецедентів (варіантів використання) - "планувати МП", "контролювати МП", "формувати СП", "корегувати МП", "отримувати план МП", "отримувати звітну інформацію". Наведена діаграма містить тільки основні варіанти використання ЛІС і залишає поза рамками менш значні функції ЛІС.

Розглянемо основні варіанти використання ЛІС, що містить діаграма рис. 3.

**Планувати МП.** На основі поточного плану виробництва, поточного стану розташування сировини, деталей та інших розхідних матеріалів, шляхів переміщення між виробничими модулями та складами створюється план переміщення розхідних матеріалів, інструментів та мобільного устаткування. Цей план переміщення і є планом матеріального потоку.

**Контролювати МП.** Контролювання матеріального потоку виконується на основі супроводжувального потоку і дозволяє виявити відхилення реального матеріального потоку від запланованого.

**Формувати СП.** Формування супроводжувального потоку виконується різними учасниками виробничого процесу. Працівники виробничих підрозділів повідомляють про відправлення та отримання елементів матеріального потоку. Працівники логістичного підрозділу (логісти-виконавці) передають інформацію про відправлення та отримання елементів матеріального потоку учасниками виробничого процесу, також формують інформацію про проходження матеріального потоку через окремі точки на шляхах переміщення матеріального потоку. Елементи автоматичного контролю (зчитувачі штрих-кодів, водометри, автоматизовані ваги та інш.) формують відповідні дані, що включаються до супроводжувального інформаційного потоку.

**Корегувати МП.** Корегування матеріального потоку відбувається у випадку відхилення його від плану, або у випадку перепланування матеріального потоку.

**Отримувати план МП.** Це здатність ЛІС надати зацікавленим користувачам інформацію про заплановані події, такі як час прибуття вантажу, його обсяг та склад.

**Отримувати звітну інформацію.** Цей прецедент вказує на здатність ЛІС формувати інформацію

цінно-аналітичні звіти за запитами зацікавлених користувачів, вести архів планів МП та зберігати дані супроводжувального потоку для подальшого аналізу.

Тепер розглянемо діаграму варіантів використання з позицій користувачів системи.

*Логіст-менеджер.* Це користувач ЛІС, який:

- на підставі плану виробництва та заявок від виробничих підрозділів формує плани МП для забезпечення процесу виробництва;

- контролює МП на відповідність планам;

- корегує МП в разі відхилення від плану, або у випадку внесення змін у заявки;

- аналізує ефективність плану МП та причини відхилення реального МП від планового;

- на підставі звітної інформації та стратегічних планів розвитку підприємства формує пропозиції з удосконалення діяльності підрозділу виробничої логістики;

- організує роботу логістів-виконавців.

*Логіст-виконавець.* Це користувач ЛІС, головними задачами якого є формування супроводжувального потоку на всіх ланках МП, контролювання МП, а в разі потреби оперативне втручання в МП для досягнення планових параметрів.

*Працівник виробничого підрозділу.* Це користувач ЛІС, який:

- подає заявки на отримання та відправлення вантажів;

- формує супроводжувальний потік шляхом внесення інформації про отримання та відправлення вантажів;

- отримує інформацію про заплановані прибуття та відправлення вантажів.

*Топ-менеджер.* Користувач, який має можливість отримувати поточні плани МП, а також звітну інформацію про діяльність підрозділу виробничої логістики.

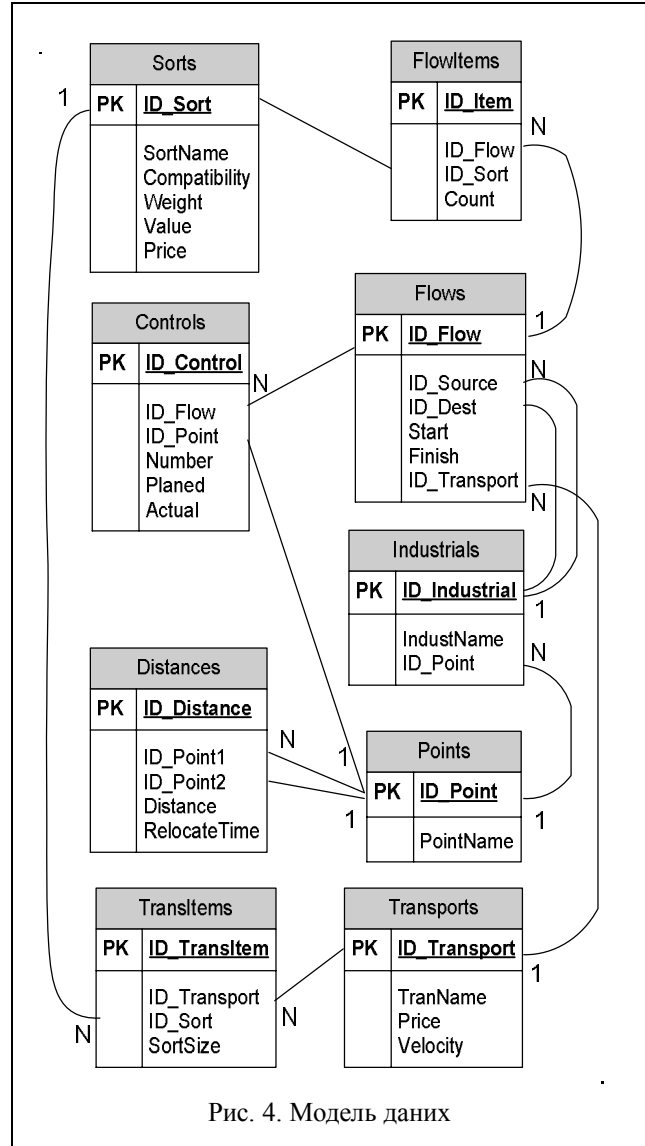
Діаграма також містить один інтерфейс – "елемент автоматичного контролю". Його функції описані у прецеденті "формування СП".

Тепер перейдемо до розробки моделі даних для ЛІС. Найбільш поширеною та визаною є практика побудови концептуальної моделі прикладної галузі у вигляді ER-діаграм (entity-relationship diagram). На її підставі розробляють реляційну модель даних. При реалізації сучасних інформаційних систем детальні моделі даних містять десятки і сотні сутностей (entity), що призводить до ще більшої кількості таблиць у базі даних. Включимо до моделі даних тільки ті сутності, які необхідні для розв'язання задач дослідження. Пропустимо етап побудови ER-діаграми і відразу розглянемо реляційну модель даних (рис. 4), яка обмежена такими сутностями:

- сорт (таблиця Sorts) – відповідає множині  $U = \{x_1, x_2, \dots\}$  в моделі МММП;

- матеріальний потік (таблиця Flows) – відповідає мультимножині  $M = \{k_{M1} \cdot x_1, k_{M2} \cdot x_2, \dots\}$  в моделі МММП;

- елемент потоку (таблиця FlowItems) - відповідає компоненту  $k_{Mi} \cdot x_i$  мультимножини  $M$  в моделі МММП;



- виробничий об'єкт (таблиця Industrials) - відповідає виробничому об'єкту  $o \in O$  в моделі МММП;

- транспорт (таблиця Transports) - відповідає мобільному виробничому об'єкту  $o \in O$  в моделі МММП;

- елемент транспорту (таблиця TransItems) – відповідає елементу кортежу зберігаючої здатності  $\lambda^0$  мобільного виробничого об'єкта  $o \in O$  в моделі МММП;

- точка (таблиця Points) – відповідає поняттю локація в моделі МММП, що визначається значенням функції локації  $L(t)$ ;

– відстань (таблиця Distances) – допоміжна сутність необхідна для зберігання ваги ребра у графі точок, в моделі МММП аналогів не має;

– точки контролю (таблиця Controls) – допоміжна сутність, що містить планові та фактичні значення моменту часу проходження матеріального потоку через точку (сутність Point), що має автоматичні (інтерфейс "елемент автоматичного контролю") або автоматизовані (сутність Industrial) елементи формування супроводжувального потоку. В моделі МММП аналогів не має.

Розглянемо реалізацію операцій над матеріальним потоком визначених в [7].

*Операція створення матеріального потоку.* Виконання операції починається з аналізу поточного плану виробництва та заявок виробничих об'єктів. Вибирається найбільш пріоритетна потреба у переміщенні. Пріоритет, в першу чергу, залежить від часового параметру (терміну прибуття на виробничий об'єкт) та важливості виконання. Потім аналізується обсяг переміщення за кожним сортом. На основі цього аналізу складається перелік транспортних засобів з урахуванням графіку їх завантаженості. Для вибраних транспортних засобів вносяться зміни у їх графік завантаженості. Виходячи з параметрів транспортних засобів визначається маршрут переміщення і розраховуються планові значення для контрольних точок. Формуються завдання для працівників транспортних засобів та логістів-виконавців. Таким чином порція матеріального потоку, що виконується одним транспортним засобом реалізується додаванням одного запису в таблицю Flows, поля якої мають такий сенс: ID\_Flow – код потоку, первинний ключ таблиці; ID\_Source – код виробничого об'єкта постачальника; ID\_Dest – код виробничого об'єкта споживача; Start – час відправлення; Finish – очікуваний час прибуття; ID\_Transport – код транспортного засобу, що буде виконувати операцію. В МММП [7] через  $M_{d \rightarrow b}(t_0)$  було позначено вихідний потік з  $d$  (джерело) в  $b$  (споживання) відправлений в момент  $t_0$ . Відповідність між параметрами вихідного потоку і полями таблиці Flows очевидна. Що переміщується і у якій кількості транспортним засобом (поле ID\_Transport) вказується одним або кількома записами у таблиці FlowItems, що підпорядковані запису таблиці Flows (відношення одиндо-багатьох між таблицями Flows і FlowItems). На підставі даних таблиці Distances знаходиться оптимальний маршрут [12] від джерела потоку до місця споживання. На основі цього маршруту формуються записи у таблиці Controls про контрольні точки (поля ID\_Point) крізь які повинен пройти матеріальний потік (поле ID\_Flow у таблиці Controls). Послідовність точок у маршруті задається полем Number, а поле Planed містить запланований час проходження через точку. Таким чином операція створення мате-

ріального потоку МММП у ЛІС перетворюється у послідовність таких дій як призначення транспортних засобів, вказівки у якому виробничому об'єкті що коли і скільки завантажити, а також за яким маршрутом рухатися. Варіант використання "планування МП" (рис. 3) базується на використанні операції створення матеріального потоку.

*Операція поглинання матеріального потоку.* Ця операція виконується коли поступає інформація про прибуття транспортного засобу до пункту призначення. Тобто коли для матеріального потоку (поле ID\_Flow в таблиці Controls) для його останнього запису (поле Number з максимальним значенням) вноситься значення у поле Actual про реальний час прибуття транспортного засобу. Виконання операції поглинання матеріального потоку завершується переміщенням запису із кодом матеріального потоку з таблиці Flows та всіх підпорядкованих записів з таблиць Controls та FlowItems до архівних таблиць. Ці записи надалі будуть використовуватися для отримання звітів та аналізу діяльності логістичного підрозділу та підприємства в цілому, що відповідає варіанту використання "отримувати звітну інформацію" (рис. 3).

*Операція зміни часу прибуття.* Це доволі проста в реалізації операція. Вона зводиться до корегування значень поля Planed у таблиці Controls для визначеного потоку (поле ID\_Flow). Ця операція має відповідність у діаграмі прецедентів (рис. 3), як прецедент "корегувати МП".

*Операція перенаправлення.* Ця операція реалізується таким алгоритмом – для запису матеріального потоку в таблиці Flows змінюється пункт призначення, потім для з таблиці Controls вилучаються підпорядковані записи, що не мають значення в полі реального часу (поле Actual). Прокладається новий маршрут від точки знаходження транспортного засобу до нового пункту призначення і вносяться нові записи у таблицю Controls, а також корегується графік завантаженості для транспортного засобу. Ця операція має відповідність у діаграмі прецедентів (рис. 3), як прецедент "корегувати МП".

*Операція розширення матеріального потоку.* Ця операція в [7] була визначена як розбиття одного потоку на два  $M_0 \xrightarrow{D(M_0, M_1, M_2)} \{M_1, M_2\}$  із успадкуванням для потоків  $M_1$  та  $M_2$  таких атрибутів як джерело, споживач, час прибуття та час відправлення від потоку  $M_0$ . Ця операція реалізується таким алгоритмом – до таблиці Flows додаються два записи для потоків  $M_1$  та  $M_2$ . Для обох потоків пункт призначення (поле ID\_Dest) копіюється з запису, що визначається потоком  $M_0$ , в поле ID\_Source заноситься код пункту де відбувається розширення, а в поле Start – час операції розширення. Для потоку  $M_1$  може бути використано той

самий транспортний засіб, що і для  $M_0$ , або призначено новий. Для  $M_2$  використовується новий транспортний засіб. Для нових потоків формуються підпорядковані записи у таблиці FlowItems, такі що виконується правило збереження загального обсягу матеріальних потоків  $M_0$ ,  $M_1$  та  $M_2$ :  $V_0 = V_1 + V_2$ , де  $V_i$  загальний обсяг  $M_i$ -го матеріального потоку. А також виконується правило збереження якісних складів матеріального потоку  $M_0$  з однієї сторони, та  $M_1$  і  $M_2$  з іншої за об'єднанням:  $Q_{M_0} = Q_{M_1} \cup Q_{M_2}$ , де  $Q_{M_i}$  - якісний склад  $M_i$ -го матеріального потоку. Потім для нових потоків формуються підпорядковані записи у таблиці Controls, такі, що зберігають не виконану частину похідного маршруту. На основі значень таблиці Distances і параметрів транспортних засобів заповнюються значення полів Planed для нових потоків. І на завершення запис про потік  $M_0$  вилучається з таблиці Flows, а також вилучають підпорядковані записи з таблиць FlowItems та Controls і додаються до відповідних архівних таблиць.

*Операція злиття матеріальних потоків.* В [7] ця операція була визначена як така, що призводить до злиття двох матеріальних потоків  $M_1$  та  $M_2$  в один потік  $M_0$ :  $\{M_1, M_2\} \xrightarrow{A(M_1, M_2, M_0)} M_0$ . При цьому результуючий потік  $M_0$  успадковує атрибути джерело, споживач та час прибуття від потоку  $M_1$ . Для цієї операції, як і для операції розшарування, виконуються правило збереження загального обсягу матеріальних потоків та правило збереження якісних складів за об'єднанням. Умовою застосування цієї операції є вимога знаходження транспортних засобів потоків  $M_1$  та  $M_2$  у одному і тому ж пункті одночасно. Цю операцію можна реалізувати таким алгоритмом – спочатку створюється новий запис у таблиці Flows для потоку  $M_0$ . В поля ID\_Source, ID\_Dest та ID\_Transport цього запису заносяться значення з запису, що відповідають потоку  $M_1$ . Потім в таблицю FlowItems додаються записи підпорядковані  $M_0$  у кількості рівній кількості сортів, що належать до нового потоку. Значення поля Count для цього запису будуть сумою значень полів Count для потоків  $M_1$  та  $M_2$  для кожного сорту окремо. Якщо у якомусь з потоків  $M_1$  або  $M_2$  відсутній якийсь з сортів, то для поля Count копіюється значення з потоку, де він існує. Після створення підпорядкованих записів у таблиці FlowItems виконується створення підпорядкованих записів у Controls для нового потоку. Це відбувається шляхом призначення новому потоку залишку маршруту потоку  $M_1$ , тобто для кожного запису для потоку  $M_1$ , що немає

значення для поля Actual у таблицю Controls вставляється запис зі значенням поля ID\_Flow, що відповідає  $M_0$ , а значення полів Planed та ID\_Point беруться з відповідних полів запису для потоку  $M_1$ . Значення для поля Number для нового запису встановлюються як значення поля Number породжуючого запису зменшене на значення цього поля для точки у якій відбувалося злиття. Після цього записи таблиці Controls та FlowItems, що є підпорядкованими записам таблиці Flows для потоків  $M_1$  та  $M_2$  влучаються з цих таблиць і вставляються у відповідні архівні таблиці. Проілюструємо операцію злиття наступним прикладом. Хай залишки маршрутів  $M_1$  (ID\_Flow = 11) та  $M_2$  (ID\_Flow = 21) в точці з кодом 48 (значення поля ID\_Point) такі як наведено в табл. 1 і над потоками  $M_1$  та  $M_2$  виконується операція злиття.

Таблиця 1

Стан таблиці Contols до злиття  $M_1$  та  $M_2$ 

ID_Control	ID_Flow	ID_Point	Number	Planed	Actual
...	...	...	...	...	...
1024	11	48	7	23.12.2012 12:30	23.12.2012 12:30
1025	11	32	8	23.12.2012 12:45	Null
1026	11	41	9	23.12.2012 13:12	Null
1027	11	17	10	23.12.2012 13:25	Null
...	...	...	...	...	...
2035	21	48	3	23.12.2012 12:30	23.12.2012 12:30
2036	21	32	4	23.12.2012 12:45	Null
2037	21	41	5	23.12.2012 13:12	Null
2038	21	17	6	23.12.2012 13:25	Null
...	...	...	...	...	...

Тоді результат виконання злиття буде такий як наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Стан таблиці Contols після злиття  $M_1$  та  $M_2$ 

ID_Control	ID_Flow	ID_Point	Number	Planed	Actual
...	...	...	...	...	...
2339	27	32	1	23.12.2012 12:45	Null
2340	27	41	2	23.12.2012 13:12	Null
2341	27	17	3	23.12.2012 13:25	Null
...	...	...	...	...	...

В таблиці показано маршрут нового потоку  $M_0$  (ID\_Flow = 27).

В [7] крім шести базових операцій над матеріальним потоком (створення, поглинання, зміна часу прибуття, перенаправлення, розшарування та злит-

тя) були також визначені додаткові операції над матеріальним потоком (уповільнення, прискорення, часткової втрати, повної втрати, деформації та локації). Алгоритми додаткових операцій були в [7] реалізовані через базові операції над МП та функцію локації.

## Висновки

В дослідженні було виконано аналіз розвитку інформаційних систем управління підприємством. Завдяки аналізу принципової схеми логістичних ланцюжків в мікрологістиці [9] була розроблена тривіальна модель мікрологістики (рис. 2). Це дозволило сформулювати мінімальні вимоги до супроводжувального інформаційного потоку, і використовувати розширену мультимножинну модель матеріального потоку [7] як єдину модель матеріального потоку у логістичних інформаційних системах (підсистемах).

В третьому розділі дослідження були проаналізовані мінімальні функціональні потреби користувачів логістичних інформаційних систем і визначена мінімальна модель даних, необхідна для реалізації логістичної інформаційної системи на основі мультимножинної моделі матеріального потоку. Також були наведені алгоритми для реалізації базових операцій мультимножинної моделі матеріального потоку з використанням моделі даних. Таким чином постановка задачі дослідження виконана.

Подальший розвиток напрямку дослідження автор бачить у врахуванні стохастичних параметрів реального оточення, у включенні в модель особи, що приймає рішення та у залученні теорії підтримки прийняття рішень.

## ЗАДАЧИ МОДЕЛИРОВАНИЯ ЛОГИСТИКИ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЛОГИСТИКИ

А.И. Сухомлинов

*В статье формулируются требования к архитектуре и функциональным характеристикам информационных систем (подсистем) производственной логистики на основе мультимножественной модели материального потока. Предложены алгоритмы реализации операций мультимножественной модели материального потока. Предложенная модель данных достаточна для реализации информационной системы на основе мультимножественной модели материального потока. Предлагаемые решения не ограничиваются конкретной отраслью производства и являются общими для производственной логистики. В статье использованы универсальный язык моделирования UML и методы программной инженерии.*

**Ключевые слова:** производственная логистика; логистическая информационная система; материальный поток; сопроводительный информационный поток; мультимножественная модель материального потока; архитектура информационной системы; функциональные требования; универсальный язык моделирования UML; диаграмма вариантов использования; программная инженерия; схема базы данных.

## TASKS OF MODELING LOGISTICS AND DESIGN OF INFORMATION SYSTEMS PRODUCTION LOGISTICS

A.I. Sukhomlinov

*The paper formulates requirements for the architecture and functional characteristics of information systems (subsystems) of production logistics based by multisets model of material flow. Algorithms implementing operations of multisets model of material flow are proposed. The proposed data model is sufficient for the implementation of information systems based on multisets model of material flow. The proposed solutions are not limited to a particular branch of production and are common to production logistics. In the article are used the universal modeling language UML and techniques software engineering.*

**Key words:** production logistics, logistics information systems; material flow; accompanying information flow; multisets model of material flow, information system architecture; functional requirements; universal modeling language UML; use cases diagram; software engineering, database schema.

## Список літератури

1. Simha R. Magal, Jeffrey W. *Integrated Business Processes with ERP Systems*. - John Wiley & Sons, 2011 – 358 p.
2. Гаврилов Д. *Управление производством на базе стандарта MRP II*. С-Пб: ПИТЕР, 2008, – 416 с.
3. *Планування ресурсів підприємства [Електронний ресурс] // Планування ресурсів підприємства - Вікіпедія - Режим доступу: <http://uk.wikipedia.org/wiki/ERP>*
4. *Построение бизнеса Стандарт MRPII. Концепция и основные принципы работы систем, поддерживающих этот стандарт [Електронний ресурс] <http://www.gmpua.com/L/MRPII/MKPII/MKPII.htm>*
5. *Enterprise Resource Planning (ERP) [Електронний ресурс] // Enterprise Resource Planning (ERP) Definition | Gather - Режим доступу: <http://www.gartner.com/it-glossary/enterprise-resource-planning-erp>*
6. Сухомлинов А.И. *Взаимодействие систем и интеграция приложений как критическая область в управлении бизнес-процессами / А.И. Сухомлинов // «Радиоэлектроника и молодежь в XXI веке» 2012. – Материалы форума том 9.-X.: ХНУРЭ, 2012.-С.112-113.*
7. Сухомлинов А.И. *Модельовання матеріального потоку у виробничій логістиці / А.И. Сухомлинов // «Системи обробки інформації» 2013. - Збірник наукових праць випуск 2(109). - X.: ХУПС ім.І.Кожедуба, 2013.-С.294-298.*
8. Петровский А.Б. *Пространства множеств и мультимножеств. М.: Едиториал УРСС, 2003. – 248 с*
9. Кальченко А.Г. *Логистика: Підручник / А.Г. Кальченко. – К.: КНЕУ, 2003. – 284 с.*
10. Sommerville I. *Software Engineering / I. Sommerville. – Addison-Wesley, 2010. – 772 p*
11. Фаулер М. *Основы UML / М. Фаулер 3-е изд. – СПб: Символ-Плюс, 2004. – 192 с.*
12. Евстигнеев В.А. *Применение теории графов в программировании / В.А. Евстигнеев. Под ред. А.П. Ериова. – М.: Наука. 1985 – 352 с.*

Надійшла до редколегії 30.05.2013

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. М.І. Сидоренко, Інститут радіофізики та електроніки НАН України, Харків.